

嫌気性処理モデルにおける微生物量の評価について

九州大学工学部 学生員○今井 剛 学生員 久嶋隆広
同 上 正員 古米弘明 正員 楠田哲也

1. はじめに

著者らは、嫌気性流動床による廃水処理において、流入有機物濃度や水理学的滞留時間(HRT)が変化した場合に起こる非定常な処理水質の応答性を表現できるモデルについての検討を進めてきた¹⁾。このモデルにおいては、VSSのようにすべての固形有機物を菌体量とするのではなく、動力学的に求められる“活性菌体量”を微生物量として新たに導入した。これにより図-1に示すように非定常な処理水質の応答性及び菌体量の増加傾向がよく表現できることが確認された。但し、実線で示されたものが数値計算結果であり、プロット及び棒グラフが実測値である。しかし、この場合の数値計算においては菌体の増減に関する死滅及び剥離を総括的に扱い、実際に生じている固形有機物中の不活性分の蓄積について十分に検討を行っていない。そこで、本研究では実験的に死滅係数(Kd)を求め、不活性固形有機分の蓄積状況についての評価を行った。

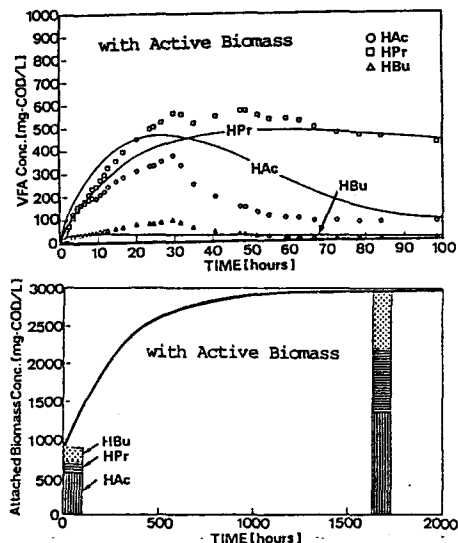


図-1 活性菌体量を用いた計算結果

2. 実験方法

2.1 実験方法 酢酸(HAc)、プロピオン酸(HPr)、n-酪酸(n-HBu)の混合酸を基質として、基質濃度:4000[mg-COD/L]、HRT:1.00[day]で連続運転した嫌気性流動床(担体:ゼオライト)の担体付着菌体を嫌気的に剥離させ、その汚泥を用いた菌体の死滅過程を調べる実験を行った。窒素ガスで水上置換したバイアルビン(内容積約65[mL])に剥離させた菌体を分取し、温度35[°C]、振とう数100[回/m]に設定した恒温振とう培養槽により、基質を与えずに培養を行った。培養開始から、0, 27, 62, 125日後にHAc, HPr, n-HBuの各基質を初期濃度1000[mg-COD/L]で添加する回分実験を行い、基質消費活性の低下傾向を測定した。この実験に用いた濃縮基質の組成を表-1に示す。

表-1 基質組成

【基質組成】	
有機源 (mgCOD-L ⁻¹)	
HAc, HPr, n-HBu	10000
酵母エキス (mg-L ⁻¹)	100
無機塩 (mg-L ⁻¹)	
(NH ₄) ₂ HPO ₄	700
MgCl ₂ ·6H ₂ O	810
KCl	750
MgSO ₄ ·7H ₂ O	250
NH ₄ Cl	850
CoCl ₂ ·6H ₂ O	18
FeCl ₃ ·6H ₂ O	420
CaCl ₂ ·2H ₂ O	150
緩衝剤 (mg-L ⁻¹)	
NaHCO ₃	4000
K ₂ HPO ₄	4000

2.2 理論式 各基質添加時の菌体濃度(X_0 [mg/L])は、各回分実験から得られる最大基質消費速度(V_m [mg-COD/L/day])と次式により関係づけられると考えた。

$$X_0 = V_m \cdot Y / \mu_m \quad \dots (1)$$

但し、最大比増殖速度(μ_m)及び増殖収率(Y)は各基質消費微生物群において固有の値であるとして一定と仮定し、 μ_m としてHAc:0.26, HPr:0.19, n-HBu:0.60[1/day]を、Yとして0.05[mg/mg]を用いた²⁾。

また、培養期間中は一切基質を与えていないことから、菌体増殖式において増殖分は無視され、菌体濃度はKdを用いて次式で表されると仮定した。

$$\log_e(X) = -K_d \cdot t \quad \dots (2)$$

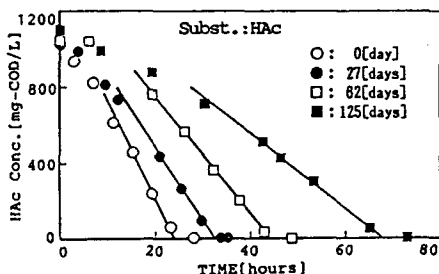


図-2 基質の経時的濃度変化

表-2 V_m, X_0, K_d の推定値

基質	μ_m [1/d]	培養期間 [days]	V_m [mg-COD/L/d]	X_0 [mg/L]	K_d [1/d]
HAc	0.28	0	1098	211	0.007
		27	878	189	
		62	749	144	
		125	433	83	
HPr	0.19	0	731	182	0.021
		27	424	112	
		62	286	75	
		125	231	61	
nHBu	0.60	0	2381	198	0.024
		27	997	81	
		62	798	67	
		125	392	33	

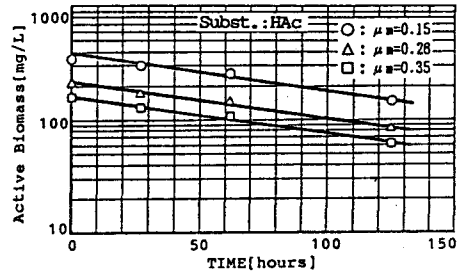


図-3 K_d 推定図

3. 結果および考察

3.1 K_d 推定回分実験 培養開始後0, 27, 62, 125日目のHAcの基質消費カーブを図-2に示す。この経時的濃度変化の直線部分を用いて、 V_m を最小自乗法により推定した。この V_m を用いて(1)式により求められた各回分実験の X_0 を表-2にまとめた。図-2及び表-2からわかるように、培養期間が長い程 V_m 及び X_0 が減少しており、基質の消費活性が低下しているのがわかる。これは、培養期間中に菌体の死滅が起こっていることを示しており、それに伴って不活性固形有機物の蓄積も起こっていると思われる。このことは、回分実験毎に別途測定したVSSの値がほとんど変化していないことから考察できる。(2)式に従い X_0 の対数をとったものと培養時間をプロットし、その傾きから K_d を最小自乗法により推定した。例として、基質としてHAcを用いたもので μ_m を段階的に変化させた場合のグラフを図-3に示す。推定される X_0 は μ_m 及び Y の仮定値の大小により影響を受け増減するが、グラフの傾きに変化はなく、 K_d は μ_m 及び Y の仮定値によらないことがわかる。それぞれの基質消費菌において K_d は、HAc:0.0074, HPr:0.021, n-HBu:0.024[1/day]と推定された。

3.2 数値計算結果 流動床内に存在し、VSSで代表される有機固形物のうち、不活性固形有機物の蓄積は活性菌体の死滅により生じると仮定し、その蓄積速度が次式により表現されるとした。

$$dX_d/dt = K_d \cdot X_b \quad \dots(3)$$

ここに、 X_d :不活性固形有機物量[mg/L], X_b :担体付着活性菌体量[mg/L]である。

VSSから活性菌体量を差し引いたものを実測の不活性固形有機物量とし、3.1で求めた K_d を用いて不活性固形有機物の蓄積状況を数値計算により評価することを試みたが、実測値の1/4程度しかその蓄積分を表現できなかった。この理由として、不活性固形有機物の蓄積は、活性菌体量の死滅だけによって生じるのではなく、他の要因によっても生じることが考えられる。例として、①活性菌体量として評価されない他の微生物群の存在、②バイオポリマー等の不活性な固形有機物の蓄積等が挙げられる。例えば、嫌気性流動床における応答実験¹⁾開始後約500時間後のCOD収支をとってみると図-4からわかるようにUnknownな部分が約9%存在し、これの約8割が系内にポリマーのような固形有機物として蓄積したと仮定した場合、その量は、ほぼ実測の不活性固形有機物量に相当する。また、 K_d の値が基質の有無により異なる可能性もあり、基質を与えずに培養することにより求めた今回の推定値が低めの値を示していることも考えられる。今後、このことについての検討も必要である。

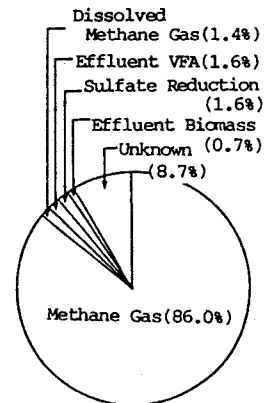


図-4 COD収支

4. おわりに

流動床内の不活性固形有機物の蓄積過程を活性菌体の死滅だけによって説明することはできず、他の要因を考慮する必要があることが明かとなった。しかしながら、付着増殖型廃水処理において不活性固形有機物の蓄積過程を解明することは処理特性を評価するために重要であり、今後さらにバイオポリマー等の不活性な固形有機物の蓄積等の評価を行っていく予定である。

- [参考文献] 1) 今井ら: 土木学会第44回年講概要集, II-487, pp1044-1045, 1989
2) 久場ら: 九州大学工学集報 Vol.61 No.3 pp239-245, 1988